

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
<b>Band:</b>	34 (1956)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Impulstechnik in der Fernmessung
<b>Autor:</b>	Goldstein, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-874507">https://doi.org/10.5169/seals-874507</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

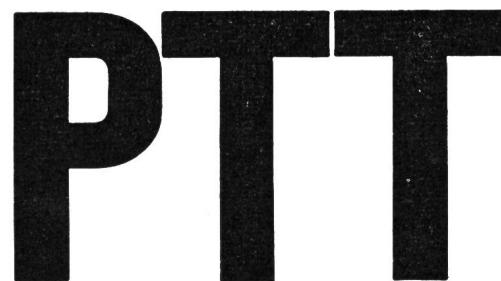
### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

TECHNISCHE MITTEILUNGEN  
BULLETIN TECHNIQUE



BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

**Impulstechnik in der Fernmessung\***

Von A. Goldstein, Baden (Schweiz)

621.317.7.083.72

**Zusammenfassung.** Einleitend wird die Arbeitsweise von Fernmessübertragungssystemen mit Impulsen, insbesondere nach dem Impulsfrequenzverfahren, beschrieben. Hierauf folgt die Darlegung der zyklischen Fernmessumschaltung zur Mehrfachübertragung über einen einzigen Messkanal, insbesondere des elektronischen Rapidverfahrens.

Die Impulstechnik hat in der Fernmessung von jehher eine wichtige Rolle gespielt, indem elektrische Impulse als Hilfsgrösse für die Messwertübertragung Verwendung fanden. Im Gegensatz zur ebenfalls sehr verbreiteten Übertragung mit einem dem Messwert proportionalen Gleichstrom ist die Impulsübertragung nicht an galvanisch durchgeschaltete Drahtverbindungen gebunden, sondern über beliebige Kanäle mit und ohne Draht über praktisch unbegrenzte Entfernung möglich. Es kann sich nach Bedarf um Gleichstrom-, Wechselstrom-, Tonfrequenz- oder Hochfrequenzimpulse handeln.

Je nach der Art der Messwertumsetzung in Impulse unterscheidet man:

1. Impulszähl- und Impulskodeverfahren;
2. Impulszeitverfahren;
3. Impulsfrequenzverfahren.

Beim ersten Verfahren ist die während einer bestimmten Zählperiode erzeugte Anzahl Impulse dem Messwert proportional. Nach dem Ablauf der Messzeit wird die festgestellte Impulszahl jeweilen vom Sender zum Empfänger als Impulstelegramm übermittelt und dort in einen dieser Zahl proportionalen Gleichstrom umgesetzt, der bis zum Ende der nächsten Zählung fest eingestellt bleibt.

Die Impulszeitmethode arbeitet mit konstanter Impulsfrequenz, wobei die Dauer der Impulse dem Messwert proportional ist. Durch eine mit konstanter Drehzahl rotierende Abtastvorrichtung wird mechanisch oder optisch die Zeigerstellung eines Geber-

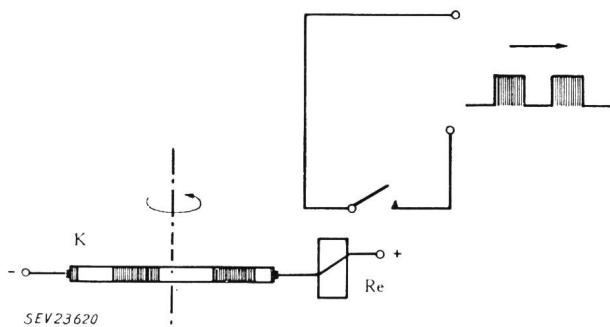
**Résumé.** Description du fonctionnement de systèmes de télémesure par impulsions, notamment selon le procédé à fréquence d'impulsions. Exposé de la commutation cyclique pour la transmission multiplex par un seul canal de mesure, en particulier du procédé électronique rapide.

instrumentes geprüft und in Impulse von dieser Stellung proportionaler Länge umgesetzt. Am Empfangsort werden die Impulse z. B. gleichgerichtet und auf konstante Amplitude begrenzt, wodurch wieder ein dem Messwert proportionaler Gleichstrom gewonnen wird. Es kommt hier auf die genaue Erzeugung und Übertragung rechteckiger Impulse an, da ja die *Impulsdauer* in den Messwert eingeht. Für eine verzerrungsfreie Übertragung müssen außer der Grundfrequenz der Impulsfolge auch noch möglichst viele höhere Harmonische mit übertragen werden. Ist die Impulspause wie üblich 3...5 s, so ist aus dem genannten Grunde doch eine Nutzbandbreite von mindestens 50 Hz für die Übertragung eines mit der Impulsfolge getasteten Ton- oder Hochfrequenzträgers erforderlich. Das Impulszeitsystem wird vor allem in den USA verwendet [1]\*\*.

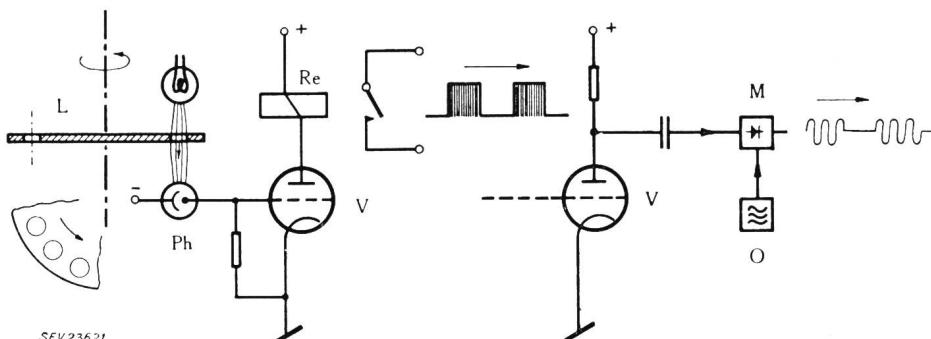
Von allen Impulsverfahren hat das Impulsfrequenzprinzip besonders in Europa die weitaus grösste Verbreitung gefunden, weshalb näher hierauf eingegangen werden soll. Die Anzahl Impulse pro Sekunde ist als Übertragungsgröße dem Messwert proportional [2]. Im Elektrizitätszähler besitzt man ein einfaches, sehr weit entwickeltes und in grossen Stückzahlen hergestelltes Gerät mit dem Messwert proportionaler Drehzahl. Die Umsetzung einer Drehzahl in eine ihr proportionale Impulsfrequenz ist einfach, weshalb das Zählerelement zum klassischen Fernmessgeber dieses Verfahrens geworden ist. Bei älteren Geräten (Fig. 1) wurde auf der Zählerrachse ein rotierender kollektorschärmlicher Kontakt angebracht, über welchen die

\* Vortrag, gehalten an der 14. Schweizerischen Tagung für elektrische Nachrichtentechnik vom 24. Juni 1955 in Zürich.

\*\* Siehe Literatur am Schluss der Arbeit.



Spule eines Senderrelais periodisch ein- und ausgeschaltet wurde. Nachteilig war der hiermit verbundene zusätzliche Reibungsfehler der Geber. Heute werden deshalb rein elektrische Tastverfahren verwendet. Aus Figur 2 ist das Prinzip des photoelektrischen Gebers ersichtlich. Eine auf der Zählerachse montierte Lochscheibe *L* tastet den auf die Photozelle *Ph* fallenden Lichtstrahl und damit deren Widerstand. Diese steuert ihrerseits eine Verstärkerröhre *V*, in deren Anodenkreis das Senderelais *Re* liegt. Hierfür finden empfindliche und dauerhafte, polarisierte



Telegraphenrelais Verwendung. Die Weiterverarbeitung der Impulse kann aber auch rein elektrisch durch die direkte Modulation eines NF- oder HF-Signals aus dem Oszillatoren *O* mit der Ausgangsspannung des Verstärkers *V* im Modulator *M* geschehen. Es werden Impulsfrequenzbereiche in den Grenzen von 3...12 bis zu 12,5...25 Hz, der Norm der Electricté de France, verwendet. Die Impulsfrequenz *O* wird also wegen ihrer Unbestimmtheit umgangen. Hierfür sind die Geberzähler zusätzlich, z. B. von

einem an konstanter Spannung angeschlossenen Ferraris-Messwerk, als Nullmotor, angetrieben.

Figur 3 zeigt eine weitere Tastmöglichkeit, indem über eine gezahnte Scheibe die Rückkopplung eines HF-Oszillators variiert wird [3]. Die damit schwankende Ausgangsspannung des Oszillators wird gleichgerichtet und moduliert ihrerseits eine Trägerfrequenz für die Übertragung des Signals.

Am Empfangsort werden die Impulse in einem messwertproportionalen Gleichstrom umgesetzt, wofür das Kondensatorumladeverfahren sehr verbreitet ist (Fig. 4) [2]. Ein Empfangsrelais *Re* schaltet die Widerstände *R<sub>1</sub>* und *R<sub>2</sub>* abwechselnd zu den Kondensatoren *C<sub>1</sub>* und *C<sub>2</sub>* parallel, welche so periodisch aus der Hilfsspannungsquelle *U<sub>H</sub>* aufgeladen und entladen werden. Der Mittelwert des Ladestromes wird mit dem Kreuzspulinstrument *KI* gemessen. Er ist der Impulsfrequenz proportional, wenn die Ladezeitkonstante des Kreises *RC* klein gegen die kürzeste Impulsdauer ist.

Figur 5 zeigt einen rein elektronischen Fernmessempfänger ohne bewegte Teile [3]. Die Impulse steuern hier als impulsfrequente Wechselspannung einen Gegentaktverstärker *V<sub>1</sub>*, *V<sub>2</sub>*, dessen Ausgangstrans-

Fig. 2.  
Fernmessgeber mit Lichtstrahltaстung  
*L* Lochscheibe; *Ph* Photozelle; *V* Verstärker; *Re* Senderelais; *M* Modulator; *O* Oszillatoren

formator einen Kern ohne Luftspalt aus Nickeleisenblech mit scharf geknickter Magnetisierungskurve besitzt. Durch den primären Wechselstrom wird der Kern jeweilen in beiden Polaritäten bis zur Sättigung ummagnetisiert. Die Kurve der Flussverkettung hat Rechteckimpulscharakter mit konstanter Amplitude. Damit besteht die Ausgangsspannung aus Impulsen mit konstantem Spannungszeitintegral  $\int u dt = \Delta Y$ , der Flussänderung pro Umpolung. Der Mittelwert der Ausgangsspannung ist somit der Impulsfrequenz

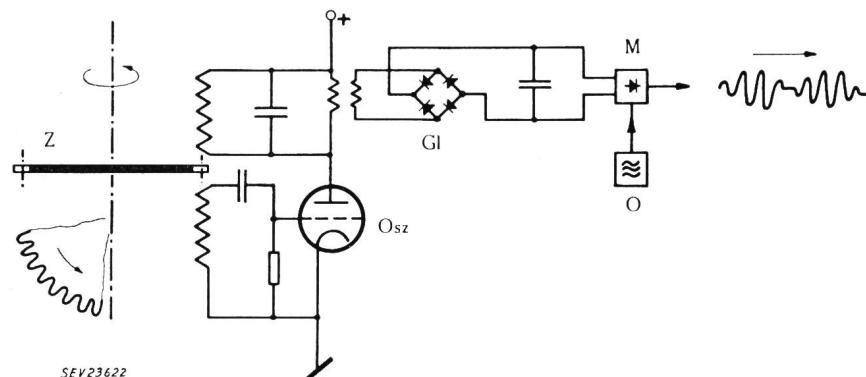
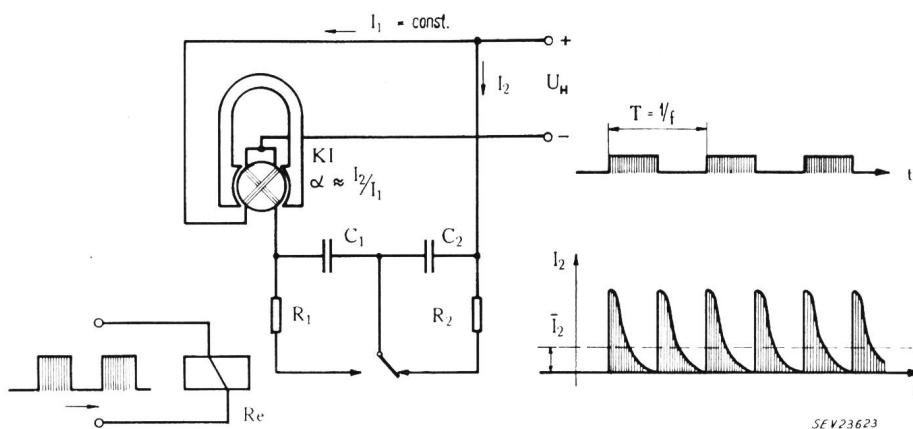


Fig. 3.  
Fernmessgeber mit Rückkopplungstaстung  
*Z* Zahnscheibe; *Osz* Hilfsoszillatoren; *Gl* Gleichrichter; *M* Modulator; *O* Senderoszillatoren



proportional und wird über Gleichrichter  $G_1$  und  $G_2$  mit dem Drehspulinstrument  $DI$  gemessen. Der Messkreis darf den Transformator  $T_1$  praktisch nur wenig belasten, da sonst die Ummagnetisierung des Kernes reduziert würde.

Auf Figur 6 ist ein Zählergeber mit Lichtstrahlbestrahlung (Landis & Gyr) abgebildet. Man sieht von unten nach oben die Zählerscheibe mit Ferraris-Motor und Dämpfermagnet, die Lampe, zwei Lochscheiben,

von welchen die obere, von einem separaten Synchronmotor getrieben, die Impulsfrequenz bei Messwert 0 erzeugt, darüber die Photozelle, oben links den Heiz- und Speisetransformator und rechts die Ausgangsverstärkerröhre, welche das nicht gezeigte Tastrelais für die Aussendung der Impulse speist. Figur 7 zeigt eine Anlage mit Fernmessempfängern nach dem Kondensatorumladeprinzip zum Empfang von Tonfrequenzimpulsen. Die Ausgangsröhre verstärkt hier

Fig. 5.  
Fernmessempfänger nach dem Ummagnetisierungsverfahren  
 $T_1$  Eingangstransformator;  $V_1, V_2$  Gegentaktverstärker;  $T_2$  übersättigter Ausgangstransformator mit scharfknickter Magnetisierungskurve;  $Gl_1, Gl_2$  Gleichrichter;  $R$  Widerstand;  $DI$  Drehspulinstrument;  $\Psi$  Flussverkettung von  $T_2$ ;  $\Delta \Psi$  Änderung der Flussverkettung;  $u, U$  Ausgangsspannungen von  $T_2$

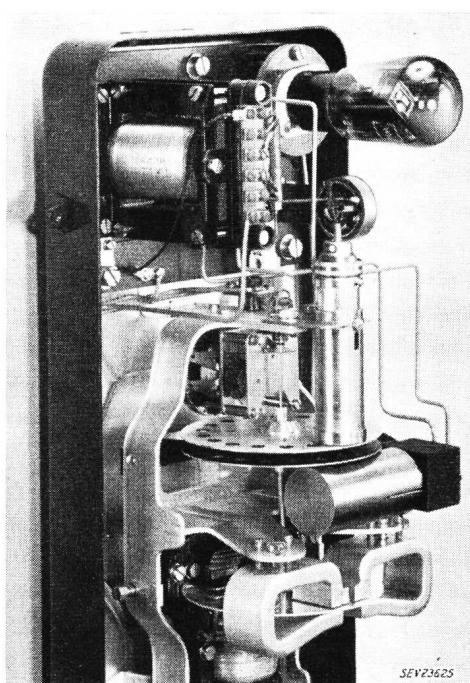
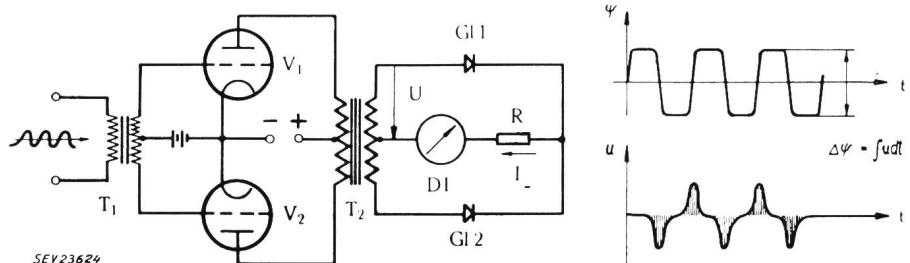


Fig. 6. Fernmessgeber mit Lichtstrahlbestrahlung und einer zweiten von einem Synchronmotor angetriebenen Lochscheibe zur Erzeugung der Impulsfrequenz für den Messwert Null

Tonfrequenzimpulse, welche gleichgerichtet werden und das Empfangsrelais betätigen.

Die Ausgangsleistung der Impulsfrequenzempfänger ist in der Regel nur für die Betätigung eines Anzeigegerätes ausreichend. Sollen Registrierinstrumente, mehrere Instrumente oder Regulierungen am Empfängerausgang angeschlossen werden, so ist eine Verstärkung notwendig. Als Verstärker dienen



Fig. 7. Fernmessanlage nach dem Kondensatorumladeverfahren mit Tonfrequenzübertragung

z. B. selbstdäigige Kompensatoren, die auch dann verwendet werden, wenn mehrere Fernmesswerte empfangsseitig zu summieren sind [4]. Für die Weiterübertragung der Summenwerte sind Schaltungen zur Umsetzung eines Gleichstromes in Impulse mit stromproportionaler Impulsfrequenz bekannt geworden. Diese arbeiten z. B. wie die Kippsspannungsgeräte für die Zeitablenkung von Kathodenstrahlloszillographen, indem ein Kondensator mit dem Gleichstrom periodisch auf konstante Spannung aufgeladen und dann über ein Thyratron wieder entladen wird. Je grösser der Strom, um so höher ist die Impulsfrequenz.

Federkraft und steht still, wenn die Drehmomente der Instrumente  $M$  und  $DK$ , die sich entgegenwirken, gleich gross sind. Der Gleichstrom des Kompensationsinstrumentes  $DK$  ist dann proportional dem vom Meßsystem  $M$  entwickelten Drehmoment. Als Null-indikator  $NI$  diene z. B. eine Drehspule im Felde eines mit 50 Hz gespeisten Elektromagneten, deren induzierte Spannung mit dem Drehwinkel variiert. Diese Spannung wird verstärkt, gleichgerichtet und speist den Impulsgeber  $IG$ . Parallel zu seinem Ausgang auf den Fernmesskanal ist nun ein Fernmessempfänger  $FME$  geschaltet, der die Impulse im

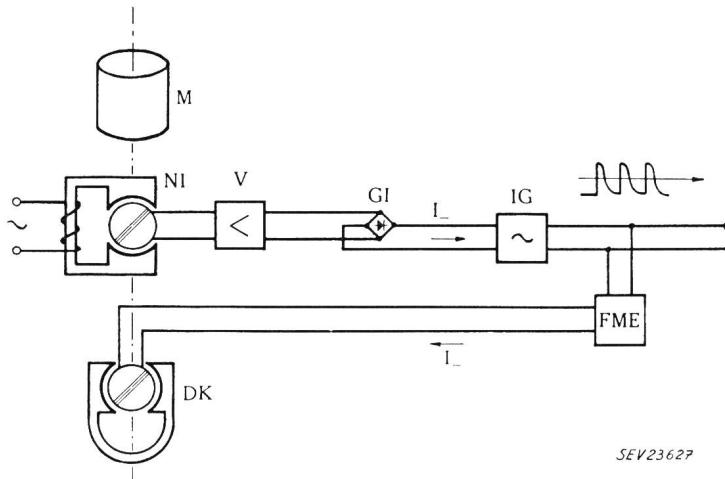


Fig. 8.

Fernmessgeber mit Kompensator und Impulsumsetzer  
 $M$  Meßsystem der fernzumessenden Grösse;  $NI$  Nullindikator;  $DK$  Drehspul-Kompensationsinstrument;  $V$  Verstärker;  $GI$  Gleichrichter;  $IG$  Impulsgeber;  $FME$  Fernmessempfänger;  $I$  messwertproportionaler Gleichstrom

Eine andere Möglichkeit besteht darin, als Impulsgeber ein Relais in Selbstunterbrecherschaltung zu verwenden, dessen Schaltfrequenz der Gleichspannung im Spulenkreis proportional ist. Diese Impulsgeber sind jedoch oft weniger genau als die Impulsfrequenzempfängerschaltungen zur Umsetzung von Impulsen in Gleichstrom. Deshalb wird eine Impulskorrektur in die Kombination Kompensator/Impulsumsetzer eingeführt: Figur 8 zeigt das Prinzip [5]. Ein Meßsystem  $M$ , welches vom Summenstrom oder einer anderen fernzumessenden Grösse gespeist wird, befindet sich auf der gleichen Achse mit einem Nullindikator  $NI$  und einem Drehspulinstrument  $DK$ , welches vom Kompensationsstrom durchflossen ist. Das ganze System, der Kompensator, arbeitet ohne

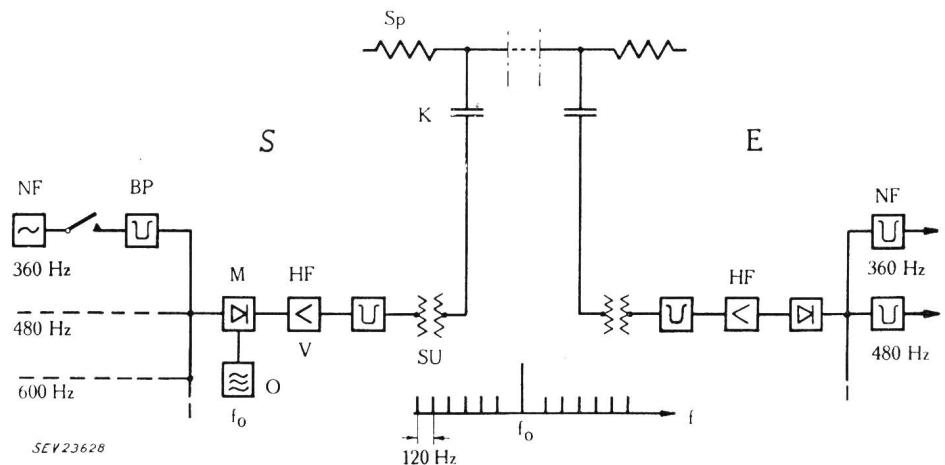
Gleichstrom zurückverwandelt, mit welchem das Kompensationsinstrument *DK* beaufschlagt wird. Über den Fernmessempfänger *FME* und den Kompensator wird damit die Proportionalität der Impulsfrequenz zum Drehmoment des Meßsystems *M* der zu übertragenden Grösse sichergestellt. Da die schaltungstechnisch an sich komplizierteren Geräte mit Kompensator und Impulsumsetzer eine kleinere Einstellzeit als die einfacheren Zählergeber haben, etwa 0,5 s statt 2...4 s, werden sie, wenn die Zeitkonstante der Fernmessung eine Rolle spielt, z. B. bei Regulierungen, auch direkt als Fernmessgeber eingesetzt.

Die Impulsfrequenzfernmessungen zeichnen sich durch eine schmale Bandbreite des zur Übertragung notwendigen Kanals aus. Bei einer höchsten Impuls-

Fig. 9.

## Mehrfachübertragung von Impulsfrequenz-Fernmessungen mit getasteten Tonfrequenzsignalen

*S* Sendeseite; *E* Empfangsseite; *NF* Niederfrequenz; *BP* Bandfilter; *M* Modulator (Demodulator); *O* HF-Oszillator der Frequenz  $f_o$ ; *HF-V* HF-Verstärker; *SU* Schutzübertrager; *K* Koppelkondensator; *Sp* HF-Sperre



frequenz von 25 Hz benötigt ein hiermit getastetes NF- oder HF-Trägersignal eine Bandbreite von 50 Hz für die Übertragung der Grundwelle der Tastfrequenz. Dies genügt zur Durchgabe der Messung, da es ja im Gegensatz zum Impulszeitverfahren nur darauf ankommt, am Empfangsort das Vorhandensein oder die Abwesenheit eines Impulses zu ermitteln. Damit ist eine Mehrfachübertragung von Fernmeßsignalen mit der genormten Bandbreite von 120 Hz (inkl. Filter) pro Messwert ohne weiteres möglich. Figur 9 zeigt das Prinzip einer solchen Mehrfachübertragung mit Trägerfrequenz über Hochspannungsleitungen, wie sie heute oft verwendet wird [6]. Die Fernmessgeber tasten Tonfrequenzoszillatoren, und die Tonfrequenzimpulse modulieren gemeinsam ein HF-Signal, welches verstärkt und über einen Koppelkondensator auf die Hochspannung geführt wird. Am Empfangsort gelangt das HF-Signal über Filter und Verstärker

werden [6]. Am Empfangsort wird das ganze Frequenzband von z. B. 100...103 kHz durch Modulation mit 99 kHz in das Tonfrequenzband von 1...4 kHz transponiert und dort wie vorher weiter verarbeitet. Das HF-Spektrum zeigt pro Fernmesswert nur noch eine übertragende Frequenz. Für gleichen Abstand vom Störpegel wie beim vorhergehenden Übertragungsverfahren darf die Anzahl Messkanäle verdoppelt werden. Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn die einzelnen Quarzoszillatoren vom Meßsignal nicht getastet, also aus- und eingeschaltet, sondern im gleichen Takt zwischen zwei Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  mit je etwa 50 Hz Abstand verschoben werden, also durch Frequency-Shift-Übertragung. Im Empfänger ist dann dauernd ein Signal vorhanden, und er ist entsprechend weniger durch ein Störsignal zu beeinflussen, 2 N Störpegelabstand statt 3 N genügen. Die Umsetzung des Frequenzwechsels in Spannungsim-

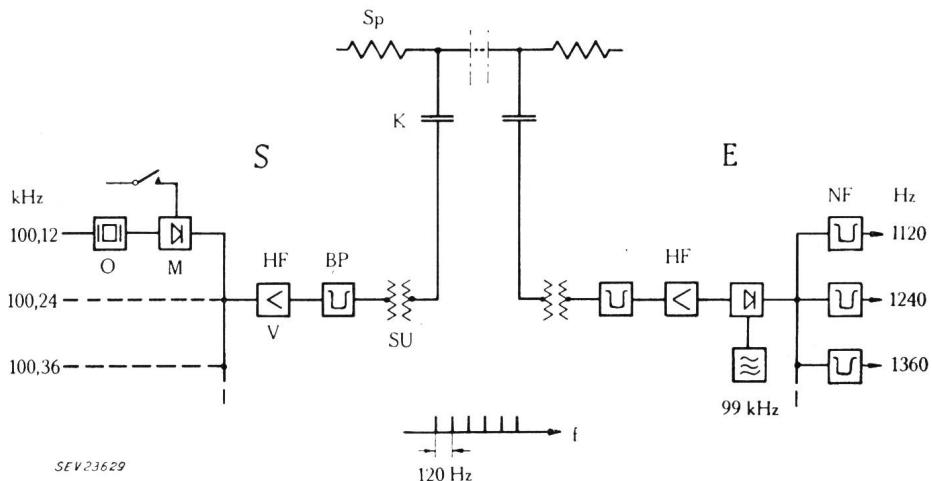


Fig. 10.

Mehrfachübertragung mit getasteten  
HF-Quarzoszillatoren  
Bezeichnungen siehe Fig. 9

SEV23629

zum Demodulator. Das dort wieder vorhandene Tonfrequenzimpulsgemisch wird über Filter in die einzelnen Fernmeßsignale getrennt und diese dann den zugehörigen Fernmessempfängern zugeführt. Das HF-Spektrum zeigt die Trägerfrequenz und die den NF-Fernmeßsignalen zugeordneten Seitenfrequenzpaare. Die HF-Sendeleistung ist für die Übertragung auf Hochspannungsleitungen auf maximal 10 W genormt. Je mehr Fernmesswerte übertragen werden, um so kleiner ist die pro Messwert verfügbare Übertragungsleistung. Durch die Forderung nach genügendem Störpegelabstand von etwa 3 N ist bei diesem Verfahren die Anzahl übertragbarer Messwerte in der Regel auf maximal 6 beschränkt, wobei ein Frequenzband von etwa 2 kHz belegt wird. Beim Übergang auf ein Einseitenbandverfahren, wo kein HF-Träger mehr und pro Messwert nur noch ein statt zwei HF-Signale übertragen werden, ergibt sich bei gleicher Gesamt sendeleistung eine wesentlich höhere Leistung pro Messwertübertragung, woraus eine relative Verbesserung des Störpegelabstandes um 0,7 N folgt. Figur 10 zeigt eine solche Lösung, bei welcher die Fernmessgeber quarzgesteuerte HF-Oszillatoren mit Frequenzabständen von 120 Hz direkt tasten, deren Ausgangsspannungen gemeinsam verstärkt und übertragen

pulse im Empfänger geschieht durch eine Diskriminatorschaltung.

Die bisher behandelten Mehrfachübertragungsverfahren übertragen alle Messwerte gleichzeitig und im Frequenzspektrum nebeneinander. Demgemäß ist pro Signal immer nur ein Bruchteil der Gesamtleistung pro Messwert verfügbar. Eine weitere wesentliche Verbesserung des Abstandes Nutzpegel zu Störpegel lässt sich erzielen, wenn jeder Messwert mit der vollen Leistung und dafür die einzelnen Messwerte zeitlich nacheinander in zyklischer Umschaltung übertragen werden. Im Frequenzspektrum liegen dann alle Übertragungen im gleichen Band [7]. Dieser Weg der Mehrfachfernmeßübertragung ist der Impulstechnik zu verdanken. Ein und derselbe Fernmessübertragungskanal wird auf der Sendeseite auf verschiedene Geber durch einen schrittweise rotierenden Schalter oder Wähler umgeschaltet. Auf der Empfangsseite läuft ein Schrittschalter synchron zum Sendeschalter und schliesst nacheinander die verschiedenen Instrumente an den Empfängerausgang an. Diese sind mit einer Fallbügelfesthaltevorrichtung der Zeiger ausgerüstet und während des Zyklus festgeklemmt. Wenn der jeweils zugehörige Messwert übertragen wird, so wird das Instrument zur Nach-

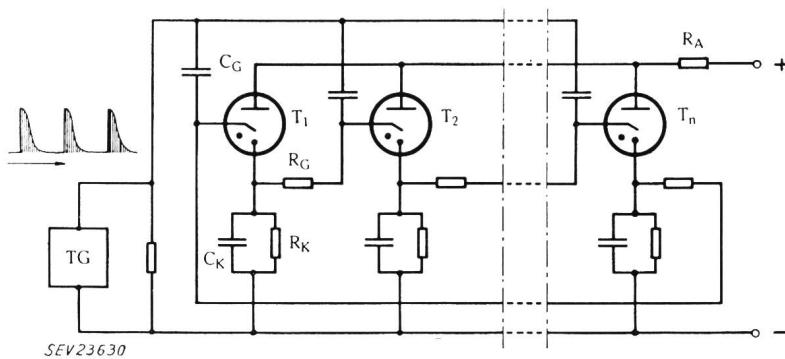


Fig. 11.

Zählkreis mit Kaltkathoden-Thyatronen  
TG Taktgeber;  $T_1 \dots T_n$  Thyatronen;  $R_K$  Kathodenwiderstand;  $C_K$  Kathodenkondensator;  $C_G$  Gitterwiderstand zum Zündstift;  $R_A$  Anodenwiderstand

stellung vom Fallbügel kurzzeitig freigegeben. Die Fallbügelhalterung wirkt als Gedächtnisvorrichtung. Der Synchronismus der Schrittschalter beim Sender und Empfänger wird z. B. durch deren Antrieb mit Synchronmotoren am Netz und ein Start-Stop-System oder aber durch Fortschaltung des Empfangswählers mit den aus der Messwertumschaltung gewonnenen Impulsen sichergestellt. Mit diesem rein mechanischen System werden pro Messwert Einstellzeiten von etwa 6 s benötigt, so dass ein Zyklus von 8...10 Messwerten eine Umlaufzeit von 1 min hat.

Mit einem Fernmeßsystem sehr kurzer Einstellzeit liesse sich eine viel raschere zyklische Umschaltung denken, wobei die zeitliche Verschachtelung der einzelnen Messwertübertragungen ganz ähnlich aussieht wie bei den Mehrkanaltelephoniesystemen mit Impulsmodulation. Im folgenden soll ein solches rein elektronisches Gerät beschrieben werden [8]. Als Grundlage dient ein Zählkreis mit Kaltkathoden-thyatronen nach Figur 11. Diese zünden bei gleichzeitiger positiver Anoden- und Zündstiftspannung und löschen, wenn die Anodenspannung kleiner als die Brennspannung gemacht wird. Von einem Taktgeber TG, z. B. einem Multivibrator, dessen Ausgangsspannung über ein CR-Glied differenziert wird, gelangen Impulse über die Kondensatoren  $C_G$  gleichzeitig auf die Zündelektroden der Trioden  $T_1$ ,  $T_2$ , ...  $T_n$ .

Nehmen wir an,  $T_1$  führe Strom, dann besteht am Widerstand  $R_K$  ein Spannungsabfall, welcher über

$R_G$  die Zündelektrode der Röhre  $T_2$  positiv bis nahe an die Zündspannung vorspannt. Die Höhe der Steuerimpulse ist nun so begrenzt, dass damit nur die jeweils vorgespannte Röhre zündet, beim nächsten Impuls also  $T_2$ . Deren Kathode ist auf dem Potential der gemeinsamen Minusleitung, während die Kathode von  $T_1$  ein höheres Potential hat. Durch die Parallelschaltung aller Anoden sinkt deswegen beim Zünden von  $T_2$  die Potentialdifferenz Anode-Kathode der Röhre  $T_1$  unter die Brennspannung, und diese Röhre löscht. So geht die Fortschaltung der Thyatronen im Takte der Steuerimpulse. Figur 12 zeigt, wie diese Grundschaltung als rapid-zyklische Fernmessübertragung verwendet wird. Die Fernmessgeräte selbst arbeiten hier nach dem Frequenzvariationssystem, bei welchem eine Tonfrequenz proportional zum übertragenen Messwert variiert wird [7]. Die Geräte haben bei einer mittleren Bandbreite von 300 Hz eine Einstellzeit von 25 ms und gestatten, den Zyklus mit einer Schrittgeschwindigkeit von etwa 0,1 s ablaufen zu lassen, was z. B. bei der Übertragung von 10 Messwerten eine Nachstellperiode von 1 s bedeutet.

Auf der Sendeseite S wird die Frequenz des Fernmeßsenders FMS 1 vom Geberinstrument  $I_{S1}$  gesteuert, z. B. über ein am Meßsystem angekoppeltes Variometer. Die Ausgangsspannung gelangt über den Ausgangstransformator  $Tr 1$  in den Kathodenkreis der ersten Glimmtriode  $T_1$ . Entsprechend sind die anderen Fernmeßsender den Röhren  $T_2$  bis  $T_n$  zugeordnet. An deren gemeinsamer Anodenleitung er-

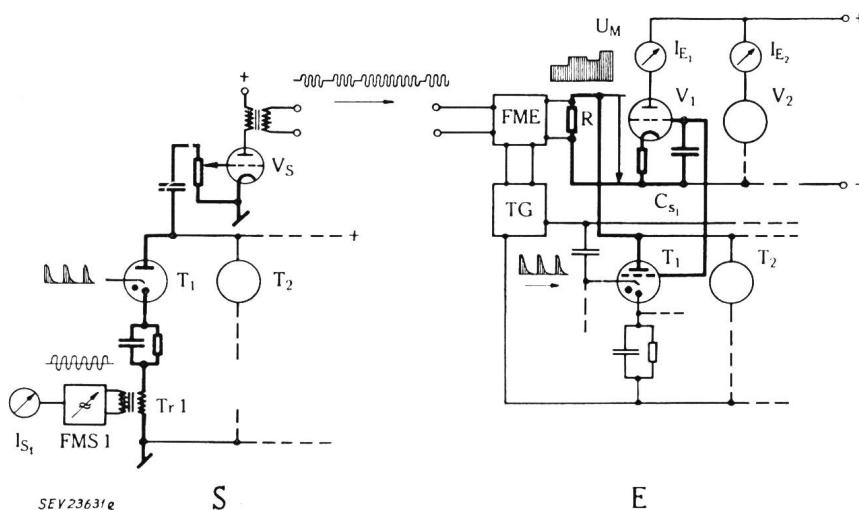


Fig. 12.

Rapidzyklische Mehrfach-Fernmessübertragung

S Sendeseite; E Empfangsseite;  $I_{S1}$  Geberinstrument; FMS 1 Fernmeßsender;  $Tr 1$  Kopplungstransformator;  $T_1$ ,  $T_2$  Glimmtrioden;  $V_S$  Sendeverstärker; FME Fernmessempfänger;  $R$  Ausgangswiderstand;  $U_M$  messwertproportionale Gleichspannung; TG Taktgeber;  $C_{S1}$  Speicherkondensator;  $V_1$ ,  $V_2$  Messverstärker;  $I_{E1}$ ,  $I_{E2}$  Empfangsinstrumente

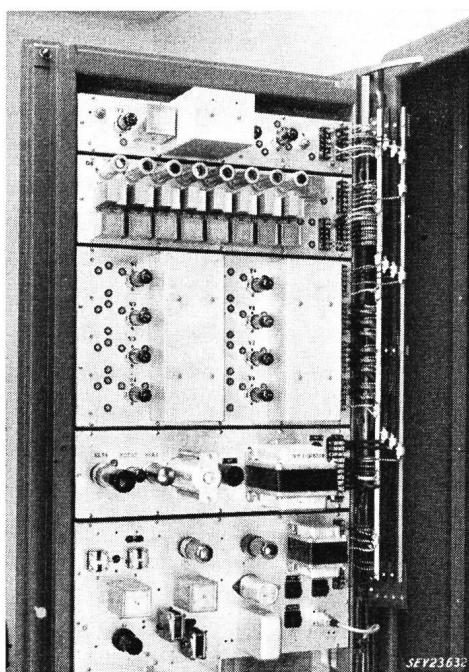


Fig. 13. Sendestation für 8 Messwerte der rapidzyklischen Fernmessübertragung

scheinen nacheinander, der Gleichspannung überlagert, die Tonfrequenzspannungen der verschiedenen Fernmeßsender und steuern den gemeinsamen Ausgangsverstärker  $V_s$ , der die so entstehenden Tonfrequenzimpulse an den Übertragungskanal weitergibt. So arbeiten die Thyratrons also als Tonfrequenzschalter. Jeder Impuls hat die seinem zugeordneten Messwert entsprechende jeweilige Frequenz. Zur Synchronisierung der Empfangsseite wird ein Leitimpuls länger als alle anderen unter sich gleichen Impulse gemacht. Am Empfangsort gelangen die Tonfrequenzimpulse in den Fernmessempfänger  $FME$  und werden dort über eine Diskriminatorschaltung in messwertproportionalen Gleichstrom umgewandelt, der am Widerstand  $R$  eine entsprechende Spannung erzeugt. Gemäss dem dauernden Wechsel der übertragenen Messwerte zeigt die Ausgangsspannung des Fernmessempfängers einen treppenförmigen Verlauf. Vom Fernmessempfänger werden zugleich die verstärkten Tonfrequenzimpulse dem Impulsumformator und Taktgeber  $TG$  zugeführt. Sie werden dort weiter verstärkt, gleichgerichtet, auf konstante Amplitude abgeschnitten und differenziert, wodurch schliesslich am Ausgang des Taktgebers scharfe Gleichstromimpulse entstehen. Diese steuern den empfangsseitigen Zählkreis  $T_1$  bis  $T_n$  synchron zur Sendeseite. Da jeder Fernmesswert am Empfangsort immer nur kurzzeitig vorhanden ist, wird eine Gedächtnisschaltung benötigt. Diese besteht aus den den Messwerten zugeordneten Speicher kondensatoren  $C_1$  bis  $C_n$ , welche jeweilen dann und nur dann dem Ausgangswiderstand  $R$  des Fernmessempfängers parallel geschaltet sind, wenn der zugehörige Fernmesswert übertragen und gleichzeitig die zugehörige der Glimm-

röhren  $T_1$  bis  $T_n$  gezündet ist. Die Verbindung wird über in Anodennähe angebrachte Sonden hergestellt. Nach dem Löschen der Röhren sind die Kondensatoren einpolig isoliert und behalten die angelegte Spannung bei, welche einmal pro Zählkreisumgang nachgestellt wird. Die Kondensatorspannungen werden über zugehörige Verstärkerröhren  $V_1$  bis  $V_n$  und Empfangsinstrumente  $I_{E1}$  bis  $I_{En}$  gemessen.

Figur 13 zeigt die Sendeseite eines solchen von Brown Boveri ausgeführten Gerätes für 8 Messwerte. Man sieht von unten nach oben das stabilisierte Netzanschlussgerät, darüber die 8 Messoszillatoren zur Erzeugung der variablen, messwertabhängigen Tonfrequenzen, dann den Zählkreis mit den 8 Glimmtrioden und zuoberst den Ausgangsverstärker und den Taktgeber. Figur 14 zeigt die Empfangsseite, unten eine Überwachungseinrichtung und darüber den stabilisierten Netzanschluss, dann das Chassis mit dem Zählkreis und den 8 Speicherverstärkern. Es folgt weiter oben der Impulsumsetzer und Taktgeber und schliesslich der Fernmessempfänger zur Umsetzung der variablen Tonfrequenzen in die messwertproportionalen Gleichspannungen.

Die Impulstechnik spielt auch in der Fernmesstechnik für die Übertragung von Messwerten aus fliegenden Raketen zur Bodenstation mit Ultrakurzwellensignalen eine grosse Rolle. An die Seite der hiefür viel verwendeten Geräte mit Frequenzvariationsfernmeßung und Frequenzmodulationsübertragung (FM/FM-Telemeter) sind heute solche mit direkter Variation der zeitlichen Lage von HF-Impulsen durch die als Gleichspannungen dargestellten zu sendenden Messwerte getreten [9]. So arbeitet z. B. ein Gerät für die Übertragung von 15 Messwerten mit total

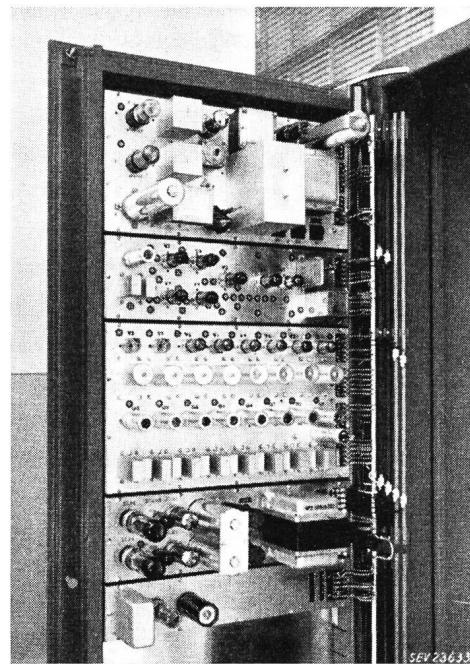


Fig. 14. Empfangsstation für 8 Messwerte der rapidzyklischen Fernmessübertragung

4700 Impulsen/s auf einer Frequenz von 227 MHz. Die Impulse sind den einzelnen Messwerten in zyklischer Vertauschung zugeordnet, so dass zu jedem Messwert 312,5 Impulse/s gehören. Die Impulsdauer beträgt 3  $\mu$ s. Dem ganzen Messbereich entspricht ein zeitlicher Verschiebungsbereich der Hochfrequenzimpulse um 150  $\mu$ s. Die für eine solche Übertragung benötigte Bandbreite ist natürlich viel grösser als bei den früher besprochenen Verfahren. Sie beträgt für das betrachtete Beispiel etwa 1MHz.

Hiermit sollte ein Ausschnitt aus dem Gebiete der Fernmessung gegeben werden, der zeigt, wie die Impulstechnik sowohl zur Messwertübertragung als solcher als auch zur Mehrfachausnutzung von Messkanälen Wesentliches beigetragen hat.

- Literatur**
- [1] *Borden, P. A., und G. M. Thynell: Principles and Methods of Telemetering*, 230 S. New York: Reinhold, 1948.
  - [2] *Bösch, W.: Aufgaben und Lösungen in der Fernmesstechnik*. Bull. SEV, Bd. 37 (1946), Nr. 6, S. 141...150.
  - [3] *Touly, M.: Nouveaux appareils de télémesures*. Rev. gén. Electr., Bd. 54 (1945), Nr. 6, S. 163...174.
  - [4] *Blamberg, E.: Selbstkompensierende Spezial-Messgeräte*. Bull. SEV, Bd. 46 (1955), Nr. 16, S. 721...725.
  - [5] *John, S.: Fortschritte auf dem Gebiete der Fernmesstechnik*. Siemens-Z., Bd. 25 (1951), Nr. 1, S. 3...11.
  - [6] *Franke, D.: Hochfrequenz-Zwölffachübertragung auf Hochspannungsleitungen*. ETZ, Bd. 70 (1949), Nrn. 10/11, S. 321...328.
  - [7] *Goldstein, A.: Mehrfachausnutzung von Hochfrequenzverbindungen über Hochspannungsleitungen*. Brown-Boveri-Mitt., Bd. 35 (1948), Nrn. 3/4, S. 120...124.
  - [8] *Quervain, A. de: Das Fernmessverfahren nach dem Frequenzvariationssystem*. Technica, Bd. 4 (1955), Nr. 4, S. 137...140.
  - [9] *Mazur, D. G.: A 227 Mc Pulse Position Modulation Telemetering Unit*. Convention Record of the IRE, Bd. 2 (1954), Part. 5, S. 105...112.

**Adresse des Verfassers:** Dr. A. Goldstein, AG. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

## Über die Fehlereingrenzung bei Koaxialkabeln

Von Richard Reimann, Bern

621.317.333.4 : 621.315.2.029.5

**Zusammenfassung.** Es werden einige Methoden zur Eingrenzung von Fehlern an Koaxialkabeln beschrieben. In Betracht fallen Fehler, die durch ungenügende Spannungsfestigkeit zwischen Zentral- und Außenleiter entstanden sind, und solche, die grössere Impedanzschwankungen hervorrufen, wie Knickungen und Quetschungen.

Bei Koaxialkabeln lassen sich zum Teil Fehler feststellen, die bei gewöhnlichen mehradrigten Fernmeldekabeln nicht auftreten. Die Ursache liegt einmal im besondern Aufbau des Koaxialkabels begründet, sodann im Umstand, dass es nicht allein als HF-Kabel, sondern gleichzeitig als Hochspannungskabel dienen kann. Über die Koaxialleiter werden die einzelnen Verstärkerstationen ferngespeist. Es werden deshalb an die Koaxialleiter gewisse Anforderungen hinsichtlich Spannungsfestigkeit gestellt.

An Koaxialkabeln können folgende Fehler auftreten:

1. Erdschlüsse
2. Kurzschlüsse Innenleiter–Außenleiter
3. Unterbrüche des Innen- oder Außenleiters
4. Isolationsfehler
5. Ungenügende dielektrische Festigkeit zwischen Innen- und Außenleiter
6. Knickung und Quetschung

Die unter 1 bis 4 aufgeführten Fehler sind die gleichen wie bei gewöhnlichen Fernmeldekabeln, und ihre Eingrenzung erfolgt praktisch nach den gleichen Methoden.

Die infolge ungenügender Spannungsfestigkeit auftretenden Fehler müssen – da die Übergangswiderstände an den Fehlerstellen sehr hoch sind – mittels Hochspannung eingegrenzt werden. Auf diese Weise erhält man genügend grosse Meßströme. Man wendet

## Etude sur la localisation des défauts affectant les câbles coaxiaux

Par Richard Reimann, Berne

**Résumé.** L'auteur décrit quelques méthodes servant à localiser les défauts affectant les câbles coaxiaux. Il considère les défauts qui sont dus à une rigidité diélectrique insuffisante entre le conducteur central et le conducteur extérieur et ceux qui provoquent de sensibles variations de l'impédance, comme les coques et les écrasements.

Les câbles coaxiaux présentent en partie des défauts qui n'apparaissent pas sur les câbles de télécommunication ordinaires à plusieurs conducteurs. La cause en réside tant dans la construction particulière du câble coaxial que dans le fait que ce câble peut servir non seulement de câble à haute fréquence, mais en même temps de câble à haute tension. Les diverses stations de répéteurs sont téléalimentées par l'intermédiaire des conducteurs coaxiaux qui, par conséquent, sont soumis à certaines exigences en ce qui concerne la rigidité diélectrique.

Les défauts suivants peuvent affecter les câbles coaxiaux :

1. Courts-circuits à la terre
2. Courts-circuits entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur
3. Interruptions du conducteur intérieur ou du conducteur extérieur
4. Défauts d'isolement
5. Rigidité diélectrique insuffisante entre les conducteurs intérieurs et extérieurs
6. Coques et écrasements

Les défauts mentionnés sous 1 à 4 sont les mêmes que ceux qui perturbent les câbles de télécommunication ordinaires et leur localisation se fait pratiquement d'après les mêmes méthodes.

Les défauts dus à une rigidité diélectrique insuffisante doivent – étant donné que les résistances de